

- 8.Соколов П.В. Проектирование сушильных и нагревательных установок для древесины. – М.: Лесная промышленность, 1965. – 331 с.
- 9.Соколовський Я.І. Деформативність деревини й деревостружкових плит із змінними потенціалами тепломасоперенесення: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.07. – Львів, 2001. – 34 с.
- 10.Строй А.Ф., Пиотровски Е.З. Основы расчетов управления тепловым и воздушным режимом помещений. – Полтава: ПолтНТУ, 2008. – 171 с.
- 11.Шубин Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 336 с.
- 12.Шубин Г.С. Новые результаты исследований термовлагопроводности древесины. // Современные проблемы древесиноведения // Тез.докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. – Воронеж, 1981. – С.191-195.

Отримано 16.06.2008

КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 628.356.1

В.В.ЯКОВЛЕВ, канд. техн. наук, Т.Ю.БИРЮКОВА

Харьковская национальная академия городского хозяйства

С.А.МАЦЮК

Лаборатория качества воды «ПЛАЯ», г.Харьков

БИОТЕСТИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОД ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ТОКСИЧНОСТИ

Выполнено биотестирование атмосферных, поверхностных и подземных вод Харьковской области на различных тест-объектах. В качестве тест-объектов были использованы растения – лук обыкновенный (*Allium cepa* L.), фасоль обыкновенная (*Phaseolus Vulgaris*) и ракообразные – дафнии (*Daphnia Magna Straus*). Предоставлено сравнение результатов биотестирования. Дается оценка информативности и рекомендации по совершенствованию методики биотестирования вод питьевого качества из различных источников.

В настоящее время в мировой практике при оценке качества воды, помимо обычного химического анализа наиболее распространенных загрязнителей, проводят суммарную токсикологическую оценку воды, основанную на применении различных методов биотестирования. В Украине разработаны и приняты в качестве национальных стандартов только биологические методы определения общей токсичности воды.

Как таковое биотестирование представляет собой методический прием, основанный на оценке действия фактора среды, в том числе токсического, на организм, его отдельную функцию или систему организмов. Живые организмы способны реагировать на меньшие концен-

трации токсикантов, чем какой-либо датчик. Биота реагирует на токсическое влияние, которое не регистрируется техническими средствами. Относительная простота реализации многих биотестов, их экспрессность, высокая чувствительность, а главное, возможность получить информацию, которую не могут дать традиционные методы химического анализа, делают биотестирование незаменимым элементом контроля и предотвращения загрязнения [1].

Вопросам биотестирования загрязненности воды поллютантами посвящены работы В.П.Илющенко, А.М.Крайнюковой, О.Г.Морозовой [5-7] и др. Однако определение индекса токсичности для питьевых вод еще не нашло широкого применения, несмотря на то, что этот вид контроля установлен государственными санитарными правилами и нормами Украины [2]. В настоящее время однозначно не установлено, какие тест-объекты наиболее подходят для оценки качества питьевых вод методами биотестирования. Поэтому исследования качества воды из различных источников, применяемых для питьевых целей, с помощью различных тест-объектов являются актуальными. Такие исследования выполнены в настоящей работе, цель которой – получить объективную информацию о реакции различных тест-объектов на одну и ту же воду для питьевых вод из различных источников.

Биотестирование проводилось на базе аттестованной на данный вид исследования лаборатории «ПЛАЯ» г.Харькова. Исследованы пробы воды из следующих источников:

- поверхностные воды на примере р. Сев. Донец пос. Кочеток Чугуевского района (источник питьевого водоснабжения г. Харькова);
- родниковые воды на примере Шатиловского источника Харькова;
- колодезные воды на примере систематически используемого колодца в с.Черкасский Бишкін Змиевского района;
- межпластовые воды на примере скважинного водозабора, использованного для хозяйственно-питьевого водоснабжения пос. Комсомольский;
- артезианские воды на примере скважины глубиной 700 м, которая используется для децентрализованного водоснабжения Харькова.

Дополнительно были исследованы:

- талые воды, собранные с поверхности льда на старице р.Сев. Донец в районе с. Черкасский Бишкін в национальном парке «Гомийские леса»;

- бутилированные воды, наиболее потребляемые в регионе: «Березовская» – пресная природно-столовая вода; «Бон-Аква» – искусственно минерализованная вода; «Старый Миргород» – очищенная вода,

добытая из артезианской скважины в г.Миргороде Полтавской области.

В качестве тест-объектов были использованы растения – лук обыкновенный (*Allium cepa* L.), фасоль обыкновенная (*Phaseolus Vulgaris*) и ракообразные – дафнии (*Daphnia Magna Straus*).

Эксперимент проводился в период с 4 ноября 2007 г. по 20 марта 2008 г. Пробы воды доставляли в лабораторию, где проводилось биотестирование. Испытание начинали сразу или через сутки после доставки проб. Длительность испытаний от нескольких часов до 21 дня.

Использовали следующие опыты:

1. *Тест на луке обыкновенном (Allium cepa L.)*

Несложная методика проведения экспериментов на луке обеспечивает длительный контакт экспериментальных растений с достаточно большим количеством испытуемых вод. Кроме того, данный объект по чувствительности приближается к культуре клеток человека [8]. Методика эксперимента для целей водной токсикологии, изложенной Fiskesjö (1985 г.) была использована в небольшой модификации. Сроки экспозиции свежих луковиц в исследуемых водах составили 7 и 14 сут., в то время как согласно первоисточнику продолжительность исследования составляла 4 сут. Сроки экспозиции продлены для изучения длительного влияния исследуемых вод на развитие корней репчатого лука. Для каждого варианта использовали по 10 луковиц. Смена воды производилась ежедневно. На 14-е сутки взвешивали отдельно корни растений. Затем определялась средняя длина и масса корешков луковиц для каждой пробы.

2. *Биотест на фасоли обыкновенной (Phaseolus Vulgaris)*

Phaseoleus Vulgaris отличается быстрым ростом и почти стопроцентным прорастанием. В каждую чашку Петри с фильтрами, увлажненными пробами воды, раскладывали по 10 семян фасоли. Повторность опыта трехкратная. Чашки помещались в теплое, хорошо освещенное место. Каждые 24 ч. фильтры в чашках увлажняли, длительность эксперимента 14 дней. О фитотоксичности судили по приросту и массе корневых пучков исследуемых вод относительно контроля.

3. *Определение острого и хронического токсического действия на Daphnia Magna Straus [3-4].*

При определении острой токсичности критерием служила смертность тест-организмов относительно контроля. Вывод о наличии хронического действия делали на основании установления достоверности различия между показателями выживаемости или плодовитости в контрольной и тестируемых водах.

Лабораторную культуру дафний вели по указанной выше методи-

ке на отстоянной водопроводной воде и перед экспериментом проверяли на чувствительность. Для проверки острой токсичности использовались молодые дафнии возрастом до 24 ч. В стаканчики наливали по 100 мл контрольной и тестируемой воды без разбавления. Повторность трехкратная. В каждый стаканчик помещали по 10 молодых дафний и экспонировали при оптимальных условиях в течение 96 часов. При кратковременном биотестировании дафний не кормили. Учет выживших дафний проводили через 1, 6, 24, 48, 72 и 96 ч. Затем вычислялось выживание (или смертность) объектов в разных пробах. Вода считается остротоксичной, если гибель тест-организмов за 96 ч. составляет 50% и больше.

Для определения хронической токсичности опыты начинали на рачках в возрасте двух суток, в трех повторностях. В 200 мл исследуемой воды помещали по 10 рачков и экспонировали при оптимальных условиях. Три раза в неделю в стаканчиках проводили смену контрольной и тестируемой воды на свежесобранную. Дафний кормили ежедневно. С момента вымета молоди, в те сутки, когда меняли воду, выполняли учет выживших исходных самок и выметанной молоди. Биотестирование прекращали, как только самки давали по четыре помета.

Allium-тест показал, что воды не обладали токсическим действием. Во всех случаях фитотоксический эффект был меньше 50%. Действие исследуемых вод можно разделить на три типа:

1) с увеличением срока экспозиции свежих луковиц происходит стимулирование развития роста корней (бутилированная вода «Березовская»);

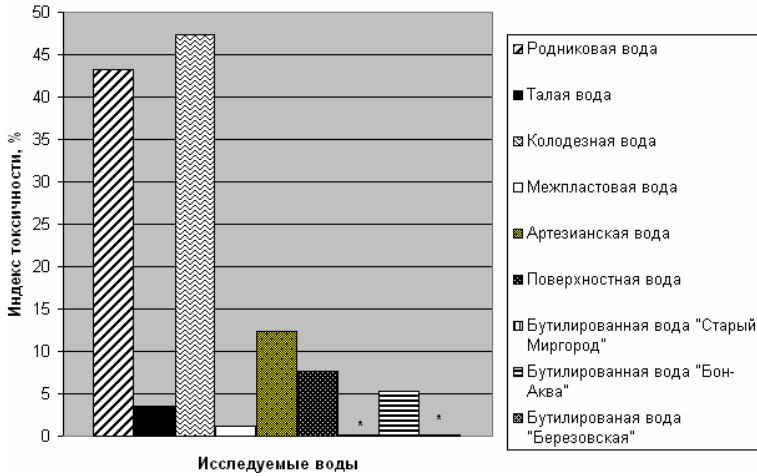
2) с увеличением срока экспозиции свежих луковиц проявляется невысокий ингибирующий эффект исследуемых вод на рост корней (талая, артезианская, поверхностная, бутилированная вода «Старый Миргород», бутилированная вода «Бон-Аква»);

3) с увеличением срока экспозиции свежих луковиц проявляется ингибирующий эффект исследуемых вод на рост корней (родниковая, колодезная вода).

Результаты опытов влияния вод на массу корешков показали угнетающее действие в родниковой (43,2%) и в колодезной (47,3%) водах. А также стимулирующие действие бутилированной воды «Березовская» (1,2%) и бутилированной воды «Старый Миргород» (1,8%) на корневые пучки (рис.1).

Эксперименты с использованием фасоли показали, что при наличии в исследуемых водах загрязняющих или токсических веществ замедлялся прирост корешков растений на 40-50% (родниковые воды,

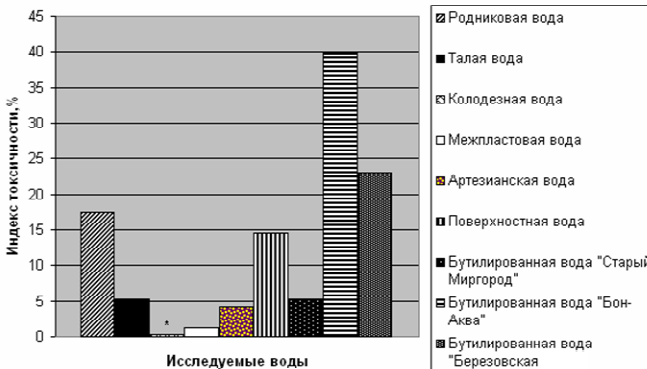
бутилированная вода «Бон-Аква»).



Примечание: * стимулирование развития тест-отклика

Рис.1 – Влияние исследуемых вод на массу корней *Allium cepa*

Исследуемые воды также оказали ингибирующие действие на массу корешков на 20-40% (родниковая вода, бутилированные воды «Березовская», «Бон-Аква»). В присутствии колодезной воды, наоборот, отмечена стимуляция массы корешков (39,5%) фасоли (рис.2).



Примечание: * стимулирование развития тест-отклика

Рис. 2 – Влияние исследуемых вод на массу корней *Phaseolus Vulgaris*

В опытах на дафниях установлено, что исследуемые воды не обладали выраженным острым токсическим действием. Во всех случаях выживаемость была на уровне контроля или близка к нему (таблица).

Влияние исследуемых вод на тест-объекты (в % относительно контроля)

Исследуемые воды	Рост корней <i>Allium cepa</i>	Масса корней <i>Allium cepa</i>	Рост корней <i>Phaseolus Vulgaris</i>	Масса корней <i>Phaseolus Vulgaris</i>	Смертность <i>Daphnia Magna</i> (острая токсичность)	Смертность <i>Daphnia Magna</i> (хроническая токсичность)
1. Родниковые	35,4	43,2	43,6	17,4	0	44,4
2. Талые	3,9	3,6	6,2	5,2	0	7,2
3. Колодезные	38,7	47,3	19,7*	39,5*	0	25,9
4. Подземные межпластовые	1,7	1,2	2,9	1,2	0	0
5. Подземные артезианские	6,6	12,4	16,2	4,1	20	3,3
6. Поверхностные	3,3	7,7	9,3	14,5	0	3,3
7. Бутилированные («Старый Миргород»)	11,5	1,8*	3,2	5,2	0	0
8. Бутилированные («Бон-Аква»)	14,3	5,3	49,9	39,9	0	18,9
9. Бутилированные («Березовская»)	9,2*	1,2*	1,8	23,1	0	48,5

Примечание: * стимулирование развития тест-отклика

Хроническая токсичность, оцениваемая по плодовитости самок дафний и их смертности, ни в одной пробе не обнаружена, отличия от контроля показателей выживаемости и плодовитости исследуемых вод, оцениваемые по критерию Стьюдента, недостоверны.

В некоторых пробах была снижена плодовитость дафний. Так, плодовитость рачков в пробах с колодезной водой составила 46%; родниковой – 50%; бутилированной «Бон-Аква» – 51%, бутилированной «Березовская» – 52%, в остальных случаях отклонение от контроля было несущественным. В пробах с талой водой наблюдали стимуляцию размножения на 181% (рис.3). В пределах срока испытания у подопытных дафний не было отмечено патологических отклонений – абортных яиц, мертворожденной и уродливой молодежи.

Для общей оценки сравнения оказываемого влияния исследуемых вод нами была построена обобщенная гистограмма по разработанному индексу общей токсичности, который представляет собой сумму эффектов всех биотестов. Были просуммированы полученные данные по каждой пробе и разделены на количество отдельных опытов. Таким

образом, получили наглядную осредненную картину влияния исследуемых вод на различные организмы (рис.4).

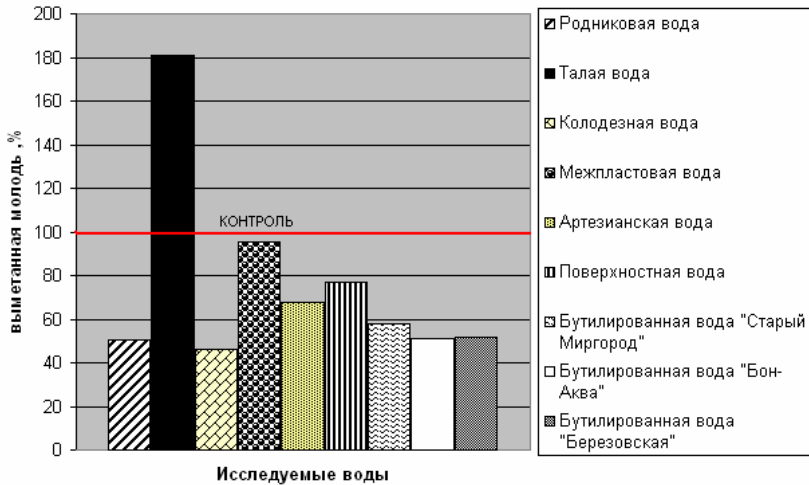
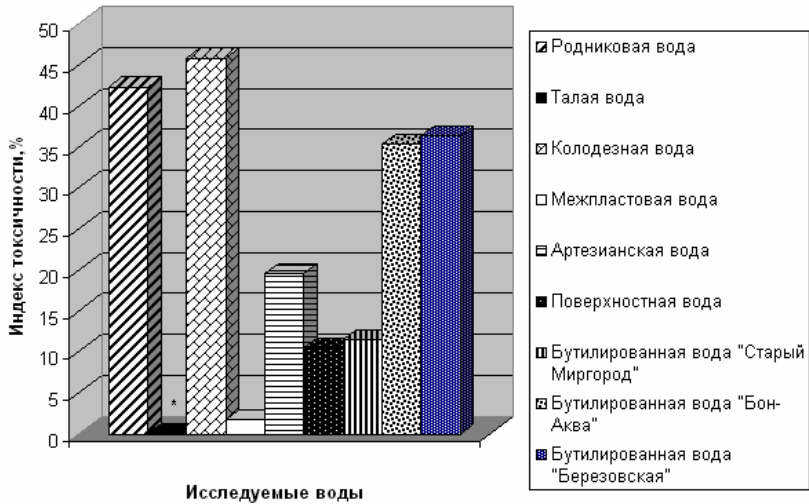


Рис.3 – Процентное содержание выметанной молоди в исследуемых водах относительно контроля



Примечание: * стимулирование развития тест-отклика

Рис.4 – Обобщенная гистограмма токсичности исследуемых вод

В общем результате выявлено, что исследуемые воды не обладали выраженным токсическим действием. Исследуемые воды классифицировали по степени их токсичности следующим образом: нетоксичные (отклонение от контроля не превышало 20%) – пробы с талой, межпластовой, артезианской, поверхностной, бутилированной водой «Старый Миргород»; слаботоксичные (с отклонением на 21-40%) – пробы с бутилированной водой «Бон-Аква» и «Березовская»; среднетоксичные (с отклонением на 41-60%) – пробы с колодезной и родниковой водой. Гидрохимические показатели родниковой воды выходят за пределы нормативных для питьевых вод только по показателю общей жесткости, что не может объяснить довольно высокого значения индекса токсичности. Возможно, в этой воде содержатся токсины, которые не определены методами гидрохимического анализа. Поскольку родник используется многими харьковчанами в качестве альтернативного источника питьевой воды, необходимо выявить причины высокого индекса токсичности.

Выводы

1. При качественной однозначности результатов биотестирования (воды нетоксичны) количественно получена дифференцированная картина реакции различных тест-объектов на воды из различных источников. Поэтому нельзя считать удовлетворительным положение Держ-СанПиНа-96 об использовании любых биотестов.

2. При оценке качества питьевых вод более информативным является показатель хронической токсичности, по сравнению со сточными водами, где основной показатель – острая токсичность.

3. В связи со значительной длительностью (21 день) биотестирование на дафниях целесообразно применять для выявления долговременных (сезонных, многолетних) изменений качества воды. Для получения срочной, текущей информации о качестве питьевой воды в источниках целесообразно применять тест-объекты, дающие более быстрые отклики (например, инфузии, цериодафии).

4. Использование в качестве контроля при оценке токсичности питьевых вод отстоянную водопроводную воду не корректно, поскольку часть проб в этом случае показывают не ингибирующее, а стимулирующее действие.

5. Установлено отчетливое стимулирующее действие талой воды на плодовитость дафний, что на фоне рядового показателя по хронической токсичности может указывать на временные положительные для биологических систем изменения показателей атмосферной воды после ее замерзания и оттаивания.

6. Стимулирующее действие на развитие тест-отклика у расти-

тельных тест-объектов может быть связано и с неблагоприятными свойствами воды (с точки зрения ее питьевых качеств). Так, колодезная вода с повышенным содержанием нитратов, органических веществ, показателем окисляемости оказывает стимулирующее действие на рост и массу корешков фасоли. С этой точки зрения для биотестирования питьевых качеств воды предпочтительны ракообразные.

7. Исследованные воды Харьковского региона, которые используются для питьевых целей, являются нетоксичными. Близкий к предельному индекс токсичности, определяемый при длительном эксперименте на воде родника Шатиловский, широко использованной для питьевого децентрализованного водоснабжения харьковчан, требует проверки и выяснения причины существенного ингибирующего действия воды на биотесты.

1.Барков Л.В., Этлин С.Н., Лахонина Г.М. Дифференциальная токсичность водных сред // Актуальные проблемы гигиенического регламентирования химических факторов в объектах окружающей среды: Сб. тез. докл. – Пермь, 1989. – С.21-22.

2.Державні санітарні правила і норми. «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання» / МОЗ України. Введ. в дію 23.12.96 р. Наказ МОЗ України №383. – К., 1996. – 11 с.

3.ДСТУ 4173:2003. Визначення гострої летальної токсичності на *Daphnia Magna* Straus та *Ceriodaphnia Affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea). – К., 2004. – С.1-10.

4.ДСТУ 4174:2003. Визначення хронічної токсичності хімічних речовин та води на *Daphnia Magna* Straus та *Ceriodaphnia Affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea). – К., 2004. – С.1-9.

5.Илющенко В.П., Щегольков В.Н. Чувствительность Allium-теста к присутствию тяжелых металлов в водной среде // Химия и технология воды. – 1990. – Т.12. – №3. – С.275-278.

6.Крайнюкова А.М., Ульянова І.П. Біотестування в охороні довкілля від токсичного забруднення: нові розробки та перспективи розвитку // Проблеми охорони навколишнього середовища та техногенної безпеки: Зб. наук. пр. – Харків, 2001. – С.105-139.

7.Морозова О.Г., Бабаева Н.Н., Морозов С.В., Репях С.М. Влияние затопленных растительных остатков на формирование гидрохимического режима водоема-охладителя Березовской ГРЭС - 1.3. Оценка токсичности воды методом биотестирования // Химия растительного сырья. – 2001. – №1. – С.89-92.

8.Fiskesjo G. The Allium test as a standard in environmental monitoring // Hereditas. – 1985. – Vol. 102. – P.92-112.

Получено 28.05.2008

УДК 628.14

Е.А.КОВАЛЕВА, В.А.ТКАЧЕВ, канд. техн. наук
Харьковская национальная академия городского хозяйства

КАЧЕСТВО ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ г.ХАРЬКОВА И ПУТИ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ

Рассматривается влияние качества воды на здоровье человека, приведены данные